

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 07254861 A

(43) Date of publication of application: 03 . 10 . 95

(51) Int. Cl

H03M 13/12  
H04L 1/00  
H04L 27/00

(21) Application number: 06045786

(22) Date of filing: 16 . 03 . 94

(71) Applicant: NTT IDOU TSUUSHINMOU KK

(72) Inventor: TAGUCHI TSUTOMU  
MATSUMOTO TADASHI

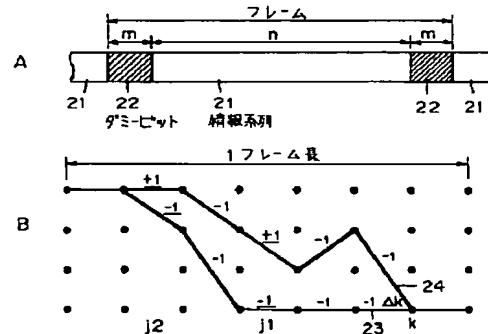
(54) VITERBI DECODING METHOD AND  
CONVOLUTIONAL CODE ENCODING AND  
TRANSMISSION METHOD

(57) Abstract:

PURPOSE: To correctly obtain reliability information on each decoded symbol.

CONSTITUTION: On the transmission side, an information sequence 21 is divided, and dummy bits 22 of a fixed pattern are inserted to transmit it; and on the reception side, a code trellis is terminated by the dummy bit 22, (always \$1 in this example) in the end or each frame, and thereafter, the Viterbi algorithm is executed to determine the only surviving path 23. A difference  $\Delta k$  between both path metrics of a counter path 24 merged at each point (k) of time on the path 23 is calculated, and reliability information corresponding to the information symbol on the path 23 at the point of time when mutual information symbols are different before merging of the path 24 with the path 23 after diverging of the path 24 from the path 23 is updated.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-254861

(43)公開日 平成7年(1995)10月3日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
H 03M 13/12  
H 04L 1/00  
27/00

識別記号 庁内整理番号  
F

9297-5K

F I

H 04L 27/00

技術表示箇所

B

審査請求 未請求 請求項の数3 OL (全7頁)

(21)出願番号 特願平6-45786

(22)出願日 平成6年(1994)3月16日

(71)出願人 392028693  
エヌ・ティ・ティ移動通信網株式会社  
東京都港区虎ノ門二丁目10番1号

(72)発明者 太口 努  
東京都港区虎ノ門二丁目10番1号 エヌ・  
ティ・ティ移動通信網株式会社内

(72)発明者 松本 正  
東京都港区虎ノ門二丁目10番1号 エヌ・  
ティ・ティ移動通信網株式会社内

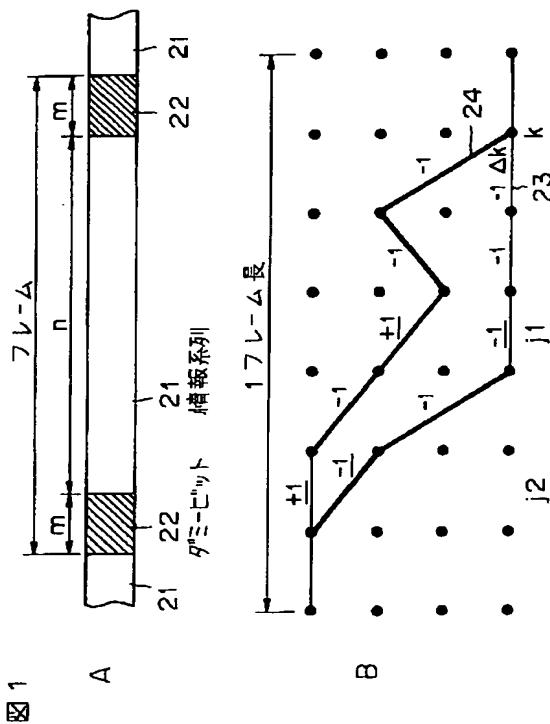
(74)代理人 弁理士 草野 阜 (外1名)

(54)【発明の名称】 ヴィタビ復号方法及び畳み込み符号化伝送方法

(57)【要約】

【目的】 各復号シンボルについて正しく信頼度情報を得る。

【構成】 送信側で情報系列21を分割し、固定パターンのダミービット22を挿入して送出し、受信側で各フレームの終りのダミービット22（この例ではすべて-1）によって符号トレリスを終端し、その上でヴィタビアルゴリズムを実行し、唯一の生き残りパス23を決定する。そのパス23上の各時点kでマージする対向パス24の両パスマトリックの差 $\Delta k$ を計算し、パス24がパス23からダイバージしてからマージするまでの間で互いの情報シンボルが異なる時点でのパス23上の情報シンボルに対応した信頼度情報を更新していく。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力符号系列を、符号トレリス上でヴィタビアルゴリズムにより復号し、上記符号トレリス上のある時点における各状態から生き残りバス上の各時点  $k$  でマージする一対のバスのバスメトリックの差  $\Delta k$  を計算し、上記一対のバスがそれぞれダイバージしてからマージするまでの間でバスプランチ上の互いの情報シンボルが異なる時点  $j$  での、上記一対のバスのバスメトリック中の大きい（確からしい）方のバス上の上記情報シンボルに対応した信頼度情報  $L_j$  を、初期値  $L_j$  から、  

$$L_j = \min(L_j, \alpha \Delta k), \quad \alpha : \text{定数}$$

により更新して、最終的な  $L_j$  をその情報シンボルに対応した上記信頼度情報としてその情報シンボルとともに出力するヴィタビ復号方法において、上記符号トレリスを終端した唯一の生き残りバスのみについて、上記信頼度情報  $L_j$  の更新、上記情報シンボルとその信頼度情報の出力を実行することを特徴とするヴィタビ復号方法。

【請求項2】 入力符号系列を、符号トレリス上でヴィタビアルゴリズムにより復号し、上記符号トレリス上のある時点における各状態から生き残りバス上の各時点  $k$  でマージする一対のバスのバスメトリックの差  $\Delta k$  を計算し、上記一対のバスがそれぞれダイバージしてからマージするまでの間でバスプランチ上の互いの情報シンボルが異なる時点  $j$  での、上記一対のバスのバスメトリック中の大きい（確からしい）方のバス上の上記情報シンボルに対応した信頼度情報  $L_j$  を、初期値  $L_j$  から、  

$$L_j = \min(L_j, \alpha \Delta k), \quad \alpha : \text{定数}$$

により更新して、最終的な  $L_j$  をその情報シンボルに対応した上記信頼度情報としてその情報シンボルとともに出力するヴィタビ復号方法において、

上記各時点  $k$  で各生き残りバスのうちバスメトリックの最も大きい生き残りバスについてのみ、上記信頼度情報  $L_j$  の更新、上記情報シンボルとその信頼度情報の出力を実行することを特徴とするヴィタビ復号方法。

【請求項3】 送信側で情報系列を  $n$  ビットごとに分割して、 $m$  ビット ( $m < n$ ,  $m$  : 受信側のバスメモリ長以上) の固定パターンのダミービットを挿入し、

そのダミービットが挿入された情報系列を畳み込み符号化して送信し、

受信側で受信系列を、符号トレリスを終端したトレリス上でヴィタビアルゴリズムにより復号し、

その復号の際に、上記符号トレリス上の唯一の生き残りバスの各時点  $k$  でマージする対抗バスとのバスメトリックの差  $\Delta k$  を計算し、

上記生き残りバスと上記その対抗バスがそれぞれダイバージしてからマージするまでの間で、バスプランチ上の互いの情報シンボルが異なる時点  $j$  でのその生き残りバ

ス上のその情報シンボルに対応した信頼度情報  $L_j$  を初期値  $L_j$  から、

$$L_j = \min(L_j, \alpha \Delta k), \quad \alpha : \text{定数}$$

により更新していく、最終的な  $L_j$  をその情報シンボルに対応した信頼度情報として、その情報シンボルとともに出力することを特徴とする畳み込み符号化伝送方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、誤り訂正符号をヴィタビアルゴリズムを用いて復号する際に、ビット毎の復号結果とともにそれに対応した信頼度情報を同時にに出力する復号方法に関するものである。具体的応用としては、連接符号 (Concatenated Code) による誤り訂正において、内符号の復号過程で出力される信頼度情報を用いて外符号を軟判定復号することによる誤り率特性の改善、あるいは、選択ダイバーシティにおける選択制御を信頼度情報を参照して行う、などが挙げられる。

## 【0002】

【従来の技術】 例えば図5Aに示すシステム構成において、送信側1で送信すべき情報系列2を1次誤り訂正符号器3で符号化（たたみ込み符号化）し、その符号化系列4（外符号）を、2次誤り訂正符号器5で再度符号化（たたみ込み符号化）してその符号化系列6（内符号）を送信し、受信側7で内符号6のヴィタビ復号器8による復号を行い、その後復号された外符号と、外符号9のヴィタビ復号器10による復号を行い、復号結果11を出力する。このような連接符号の復号化を考える。説明の簡単のために、符号化系列は2値系列とする。一般

に、ヴィタビアルゴリズムによる復号を行う場合には、受信シンボルと符号シンボルとのユークリッド距離によりプランメトリックを計算して最尤復号を行う方法（軟判定復号）のほうが、受信系列を識別判定してから復号を行う方法（硬判定復号）よりも、誤り率特性が2dBから3dB程度良くなることが知られている〔S. Lin and D. J. Costello, Jr., "Error Control Coding: Fundamentals and Applications" (Prentice-Hall, pp. 322~328, 1983) 参照〕。しかし図5Aの受信側7では、内符号6のヴィタビ復号器8は2値の復号系列のみを出力する。このため、これを入力とする外符号9のヴィタビ復号器10は硬判定復号を行うことになり、軟判定復号による利得が得られないことになる。

【0003】 これに対してJ. HagenauerとP. Hoeherは、内符号の復号を行う際に、受信シンボルの事後確率を用いて復号系列に対応したシンボル毎の信頼度情報を算出し、これと復号系列を用いて外符号の軟判定復号を行うことを提案している〔J. Hagenauer and P. Hoeher, "A Vi

terbi Algorithm with Soft-Dcision Outputs and its Applications", IEEE GCOM, No. 47. 1. 1, 1989 (文献1)。その復号装置構成は図5Bに示すように、内符号6を復号するヴィタビ復号器12から、2値の復号系列9に加えてそれに対応した信頼度情報13を出力する。従来のヴィタビ復号を行うアルゴリズムに加えて、信頼度情報13は次の反復アルゴリズムにより生成される。

【0004】符号トレリス上の時点kでの状態S<sub>k</sub> ( $0 \leq S_k \leq 2^p - 1$ , p: 符号の拘束長)において、

i) S<sub>k</sub>にマージする2つのパスの両パスメトリックの差Δを記憶

ii) 信頼度情報L<sub>k</sub> (S<sub>k</sub>)に十分大きな値の初期値を代入

iii) j = k - p から j = k - δ ( $\delta$ : パスマモリ長) の間で、S<sub>k</sub>でマージする2つのパス (生き残りパスと対抗パス) の時点j e (e = 1, 2, ...) での情報シンボルが互いに異なる場合、生き残りパス上のその情報シンボルに対応する信頼度情報L<sub>j</sub>を

L<sub>j</sub> = min (L<sub>j</sub>, αΔ), α: 定数 (符号間の最大距離と伝送路のS/Nとで決る)

(C = min (a, b) はaとbのうち小さい方をCとする) で更新

iv) パスマモリから、復号系列とそれに対応した信頼度情報L<sub>j</sub>を出力

符号トレリスの例を図5Cに示す。図5Bにおいて、外符号のヴィタビ復号器14では、復号系列9とそれに対応した信頼度情報13との積に符号トレリス上の符号シンボルをかけることでシンボルメトリック (ブランチメトリック) を計算し、通常のヴィタビアルゴリズムによる復号を行い復号結果15を出力する。例えば図5Cにおいて状態S<sub>k</sub>に実線のパス16と17がマージし、この両パス16と17は時点k-5の状態S<sub>k-5</sub>でダイバージしたものであって、これらパス16, 17の時点k-5, k-3で情報シンボルが互いに異なっており、これらの時点k-5, k-3で生き残りパス (この例ではパス16とする) 上の情報シンボルに対応する信頼度情報L<sub>j</sub>の更新を前述のように行う。なお各パスに沿つて付けた「+1」と「-1」はその時点での情報シンボルを示す。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のアルゴリズムでは、各状態S<sub>k</sub>でΔを計算して信頼度情報L<sub>j</sub>を更新していくため、例えば図5Cで、状態S'<sub>k</sub>にマージする点線で示す2つのパス18, 19の各パスメトリックが、同じ時点kの他の状態S'<sub>k</sub>でマージするパス16, 17の各パスメトリックと比べてともに小さく (パスメトリックが小さいということは、そのパスが符号トレリス上の正しいパスである可能性が低いこと

とを意味する)、しかもその差Δ' が小さい場合、パスメトリックの高いパス上 (図5Cのパス16上) にあり、本来は確からしいはずの情報シンボル (下線) に対応した信頼度情報が、確からしさが悪いΔ' によって更新されてしまい、実際の信頼度を反映しない可能性がてくるという欠点がある。

【0006】以上は、連接符号を例に説明してきたが、内符号の復号過程で得られる信頼度情報の利用には、外符号の復号に限らない。例えば、移動通信において、選択ダイバーシティ受信を行う際に、その複数の伝搬経路についてのそれぞれの受信復号の選択制御のために信頼度情報L<sub>j</sub>を参照するなどの利用形態も考えられる。この場合、信頼度情報が復号結果の信頼度を正しく反映しているかが重要となる。上述したように、従来の手法では、復号結果の信頼度を正しく反映しない可能性がでてくるという欠点がある。

【0007】この発明の目的は、たたみ込み符号のヴィタビアルゴリズムによる復号過程において、復号結果に対応した信頼度情報を求める際に、符号トレリス上のある状態にマージする2つのパスで、パスメトリックがそれぞれ低くその差が小さいパス同志によって計算されたΔによって情報シンボルに対応した信頼度情報を更新してしまうといった問題を解決し、復号系列とその信頼度を正しく反映した信頼度情報を出力する復号方法を提供する。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明によれば、符号トレリスを終端した唯一の生き残りパスのみについて、信頼度情報の更新と、情報シンボルとその信頼度情報を出力することを実行する。請求項2の発明によれば、各時点で各生き残りパス中のパスメトリックの最も大きい生き残りパスについてのみ、信頼度情報の更新と、情報シンボルとその信頼度情報を出力することを実行する。

【0009】請求項3の発明によれば送信側で情報系列をnビットごとに分別して、mビット (m < n, m: 受信側のパスマモリ長以上) の固定パターンのダミービットを挿入し、そのダミービットが挿入された情報系列を疊み込み符号化して送信し、受信側で請求項1の発明により復号する。

#### 【0010】

【実施例】請求項1の発明の実施例を図1を参照して説明する。この発明では符号トレリスを終端した唯一の生き残りパスのみについて信頼度情報の更新を行う。このように終端した唯一の生き残りパスを間違なく得るために、図1Aに示すように送信側の送信情報系列21に対し適当な間隔で長さmの固定パターン (例えばすべて-1) のダミービット22を挿入する。ダミービット22の符号長mは受信側の復号器におけるパスマモリの長さと等しいか、これより長くする。隣接ダミービット2

2の間の情報系列21の長さnは、mより大とするが、 $m+n$ だけ復号が遅れるのであまり大とすると問題となることがある、一方、nを小にすると伝送効率が悪くなる。

【0011】受信側でダミーピット22により符号トレリスが終端した生き残りパスを利用するが、伝送誤りが多く、仮りに、終端した状態がダミーピット22のそれと異っている場合でも、終端すべき状態が予めわかっているから、その状態に到達したパスのパスメトリックの大きい方を、唯一の生き残りパスとして用い、そのパスについて信頼度情報の更新を行う。

【0012】例えば符号トレリス上において、図1Bにおいて示すように、各nビットの情報ビット21とその前後のダミーピット22とからなる各フレームごとに、その後端部のダミーピット22によって符号トレリスを終端し、この上でヴィタビアルゴリズムを実行することにより、唯一の生き残りパスを決定する。つぎにこの生き残りパス23上の各時点kでマージする対抗パス24のパスメトリックと、時点kでのパス23のパスメトリックとの差 $\Delta_k$ を計算する。そしてパス24がパス23からダイバージしてからマージするまでの間で、パスプランチ上の互いの情報シンボルが異なる時点j<sub>e</sub>(e=1, 2, ...)でのパス23上の情報シンボルに対応した信頼度情報L<sub>j</sub>を適当な初期値L<sub>j</sub>から

$$L_j = \min(L_j, \alpha \Delta_k), \quad \alpha: \text{定数}$$

により更新していく。この反復をフレーム内のすべてのkについて行い、最終的なL<sub>j</sub>をそれに対応した情報シンボルの信頼度情報として出力する。例えば、連接符号の外符号の復号を行う場合には、復号結果とそれに対応した信頼度情報を用いて軟判定復号を行うことができる。

【0013】即ち図2に示すように通常のヴィタビ復号器におけるメトリックコンピュータ26で、符号トレリス上のプランチメトリック27を計算し、出力する。このプランチメトリック27と、パスメモリ28に記憶されているパスメトリック29とを用いて各状態での生き残りパスの選択、情報シンボル31の出力がACS(A d d - C o m p a r e - S e l e c t)回路32で行う。この出力された情報シンボル29はパスメモリ(符号トレリスを終端して用いるので、パスメモリ長は内符号のフレーム長)28に入り、各状態の生き残りパス、情報シンボル、マージするパス、それぞれのパスメトリックを記憶する。そして、符号系列のフレームの終わりまでできた時点で、唯一の生き残りパス上の各時点での対抗パスとのパスメトリックの差 $\Delta$ を算出し、信頼度情報を更新、記憶する。この反復を終えた時点で、1フレーム分の復号系列33とそれに対応した信頼度情報34を出力する。外符号用メトリックコンピュータ35で、その復号系列33とそれに対応した信頼度情報34及び符号トレリス上の符号シンボルをもちいてプランチメトリ

ックを計算し、ACS回路36、バスメモリ37によってヴィタビアルゴリズムによる復号を行う。

【0014】次に請求項2の発明の実施例を説明する。請求項2の発明では終端した符号トレリスを利用するものではなく、従ってダミーピット22の送信は必要としない。この発明では、バスメモリ内の各生き残りパスのうち、バスメトリックの最も大きい生き残りパスを選ぶ。例えば図3Aに示すように、時点kで状態S<sub>k</sub>にパス41と42がマージし、状態S'<sub>k</sub>にパス43と44がマージしているが、その各生き残りパス41と44とは対応するバスメトリックがバス41の方が大きいから、このバス41だけを選ぶ。つぎにこの生き残りパス41上の各時点kでマージする対抗パス42のバスメトリックと、時点kでのバス41のバスメトリックとの差 $\Delta'_k$ を計算する。そしてバス42が41からダイバージしてからマージするまでの間で、バスプランチ上の互いの情報シンボルが異なる時点j<sub>e</sub>(e=1, 2, ...)でのバス41上の情報シンボルに対応した信頼度情報L'<sub>j</sub>を適当な初期値L'<sub>j</sub>から

20  $L'_j = \min(L'_j, \alpha \Delta'_k), \quad \alpha: \text{定数}$ により更新していく。この反復をバスメモリ内のすべてのkについて行い、バスメモリより出力される情報シンボルに対応したL'<sub>j</sub>を情報シンボルに対応した信頼度情報を用いて出力する。例えば、連接符号の外符号の復号を行う場合には、復号結果とそれに対応した信頼度情報を用いて軟判定復号を行うことができる。

【0015】即ち、例えば図3Bに図2と対応する部分に同一符号を付けて示すように、ACS回路45において、メトリックコンピュータ26で計算されたプランチメトリック27と、バスメモリ40からのバスメトリック29とを用いて各状態での生き残りパスの選択、最大バスメトリックを持つ生き残りパスとそれにマージする対抗パスとのバスメトリックの差 $\Delta$ の算出を行い、情報シンボル31、 $\Delta$ 46及び最大バスメトリックを持つ状態番号47をバスメモリ40に出力する。バスメモリ(バスメモリ長は、各状態の生き残りパスが時間的に古い方向へさかのぼったときに、すべてのパスがマージするのに十分な長さで、通常は拘束長の5~6倍程度が用いられる)40では、各状態の生き残りパス、情報シンボル、バスメトリックを記憶し、 $\Delta$ を用いて信頼度情報を更新、記憶する。

40 そして、復号系列33とそれに対応した信頼度情報34を出力する。外符号用メトリックコンピュータ35で復号系列33とそれに対応した信頼度情報34及び符号トレリス上の符号シンボルをもちいてプランチメトリックを計算し、ACS回路36、バスメモリ37によってヴィタビアルゴリズムによる復号を行う。

#### 【0016】

【発明の効果】以上述べたように請求項1の発明によれば、符号トレリス上で終端した唯一の生き残りパス(し

かも既知の状態にマージする)についてのみ、 $\Delta$ の演算をし、かつ信頼度情報の更新を行っているため、パスメトリックの低い、つまり正しいパスである可能性が低い、パス同士で計算された $\Delta$ によって信頼度情報が更新されるおそれはない。

【0017】同様に請求項2の発明によれば、各時点でもマージするパス中のパスメトリックが最大の生き残りパスのみについて信頼度情報の更新を行うため、パスメトリックの低いパス同士で計算された $\Delta$ によって信頼度情報が更新されるおそれはない。請求項1、2の各発明方法を用いてシミュレーションによって接続符号の復号を行った後の誤り率特性を図4の曲線51、52にそれぞれ示す。また硬判定復号後の誤り率特性、前記文献1に示す手法による復号後の誤り率特性をそれぞれ参照として曲線53、54を示す。横軸、縦軸はそれぞれ内符号復号後の誤り率、外符号復号後の誤り率であり、内符号、外符号の符号化レートはともに1/2、拘束長はともに7とした。内符号復号器出力系列における誤りをランダム化するためにインタリーブを用いた。そのサイズは40×32とした。このシミュレーション結果から、請求項1、2の発明による復号を行うことによって、硬判定復号を行ったときと比べて誤り率特性が大きく改善(誤り率が、請求項1の復号で2桁程度、請求項2の復号で1桁程度)しているのがわかる。それに対して、ハーゲナウアラの手法による復号を行っても、硬判定復号に対する改善はごくわずかである。

\* 【0018】この発明は接続符号による誤り訂正における内符号の復号過程で出力される信頼度情報を用いて外符号を軟判定復号する場合のみならず、複数の伝搬経路の受信復号を誤り訂正復号し、その復号結果を信頼度情報を用いて選択するダイバーシティ受信、その他にも適用できる。図1Aでは情報系列を分割したが、送信情報系列の最後にのみダミービットを付加してもよい。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】Aは請求項1の発明に復号方法に適する送信フレームの例を示す図、Bは請求項1の発明による復号を行うときの符号トレリスの例を示す図である。

【図2】請求項1の発明を適用した復号装置を示すブロック図。

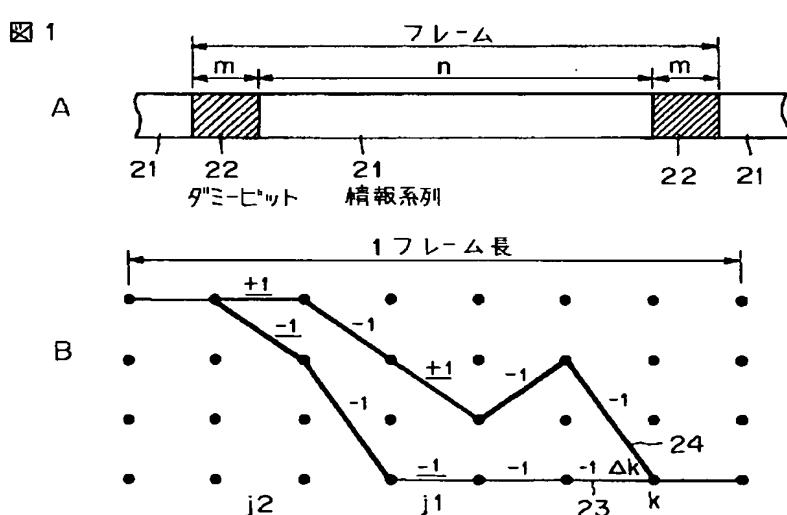
【図3】Aは請求項2の発明による復号を行うときの符号トレリスの例を示す図、Bは請求項2の発明を適用した復号装置を示すブロック図である。

【図4】この発明の方法、従来の方法をそれぞれ用いた接続符号復号後の誤り率特性のシミュレーション結果を示す図。

【図5】Aは接続符号による符号化送信と、その受信復号とを示すブロック図、Bは接続符号の復号において、ヴィタビ復号と結果とともに信頼度情報を出力して外符号を軟判定復号する装置を示すブロック図、Cは従来法により復号を行うときの符号トレリスの例を示す図である。

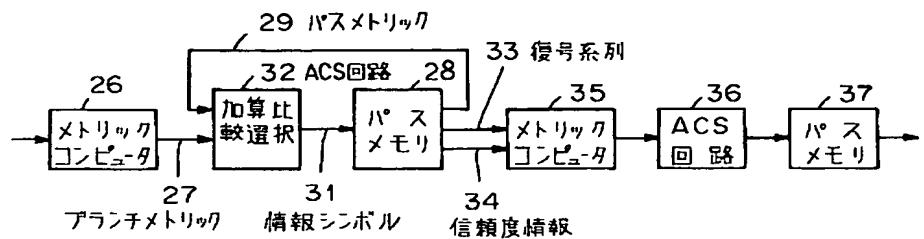
20

【図1】



【図2】

図2



【図3】

図3

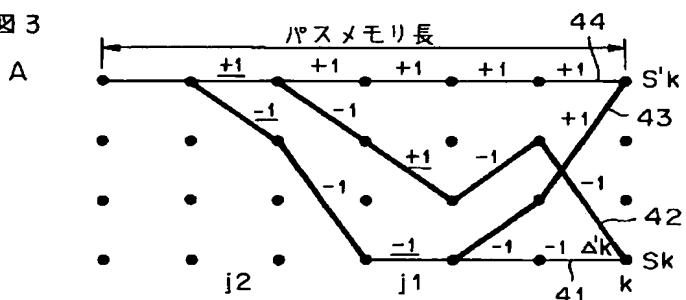
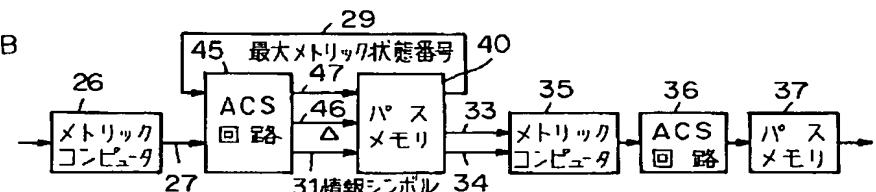
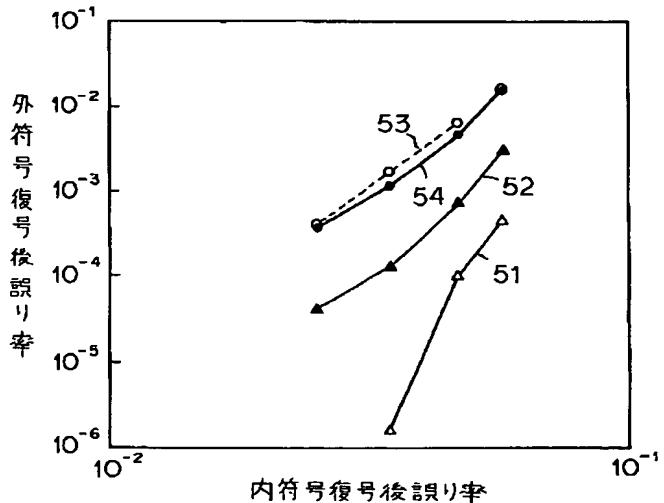


図3



【図4】

図4



【図5】

